

Capacitive measuring device

Publication number: DE4442711

Publication date: 1996-06-05

Inventor: HORN KLAUS PROF DR ING (DE)

Applicant: CLAAS OHG (DE)

Classification:




- international: **G01F23/26; G01N27/22; G01F23/22; G01N27/22;**
(IPC1-7): G01R27/26; G01F1/56; G01F1/86; G01F23/26;
G01N27/22

- european: G01F23/26B4; G01F23/26B6; G01N27/22D

Application number: DE1994442711 19941201

Priority number(s): DE1994442711 19941201

Also published as:

 US5708369 (A1)
 GB2295897 (A)
 FR2727759 (A1)

[Report a data error here](#)

Abstract of DE4442711

A capacitive measuring device a measuring capacitor with a measuring electrode 3 arranged from a counter-electrode 8, and there being dielectric material for analysis arranged between the electrodes or continuously being conveyed between them, a time varying measuring current IC being supplied to the measuring electrode and the capacitor voltage UC being measured and evaluated, there being arranged to the side of a measurement zone provided between the electrodes which may be a flow channel or duct 1 for the material to be analysed, at least one side wall delimiting the measurement zone, and the measuring electrode being surrounded by a plurality of guard ring and/or auxiliary electrodes 61-6N spaced apart therefrom in a staggered arrangement and at least partly covering the side walls and each of which is constantly being corrected via a potential-controlling circuit 17 to the potential of the measuring electrode so as to thereby largely compensate for leakage currents to the said electrodes, the side wall in the region of the measurement zone being virtually completely covered with auxiliary electrodes, arranged in a ribbon shape parallel to the measuring electrode or in a two-dimensional grid, and each of the auxiliary electrodes being wired to its potential-controlling circuit in a manner that minimises any flow of current into the auxiliary electrodes.

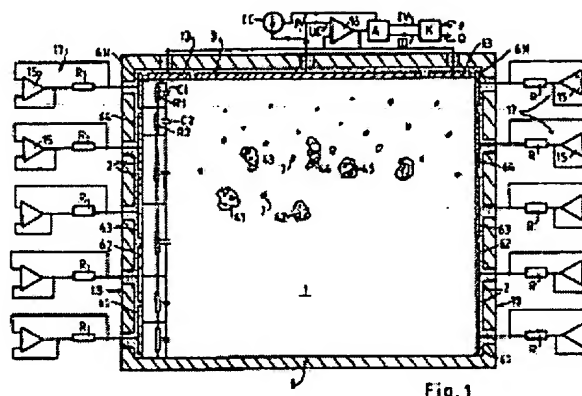


Fig. 1

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift
①0 DE 44 42 711 A 1

②1 Aktenzeichen: P 44 42 711.5
②2 Anmeldetag: 1. 12. 94
③ Offenlegungstag: 5. 6. 96

⑤1 Int. Cl.⁸:
G 01 R 27/26
G 01 N 27/22
G 01 F 1/56
G 01 F 1/88
G 01 F 23/26

DE 44 42 711 A 1

⑦1 Anmelder:
Claas KGaA, 33428 Harsewinkel, DE

⑦2 Erfinder:
Horn, Klaus, Prof. Dr.-Ing., 38126 Braunschweig, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

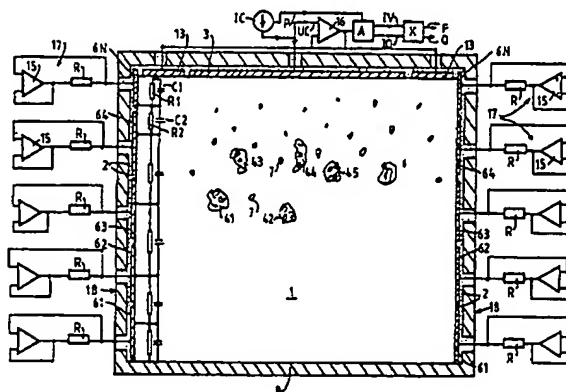
DE 41 05 857 C2
DE 40 25 400 C1
DE 30 50 619 C2
DE-PS 9 09 505
DE-AS 21 51 078
DE 43 18 477 A1
DE 42 27 922 A1
DE 40 25 575 A1
DE 40 22 563 A1
DE 33 02 736 A1
DE 31 33 239 A1
DE 31 14 678 A1
DE 28 06 153 A1

DE 92 04 374 U1
US 51 34 379
US 48 99 101
US 48 53 614
WO 84 03 355 A1
WO 85 02 016

STOTT, A.L., et.al.: Comparison of the use of internal and external electrodes for the measurement of the capacitance and conductance of fluids in pipes. In: J.Phys.E: Sci Instrum., Vol. 18, 1985, H.7, S.587-592;
SAMI, M., et.al.: The Use of Capacitance Sensors for Phase Percentage Determination in Multiphase Pipelines. In: IEEE Transactions on Instrumentations and Measurement, Vol. IM-29, No.1, March 1980;

⑤4 Kapazitive Meßvorrichtung

⑤7 Die Erfindung betrifft eine kapazitive Meßvorrichtung, mit einem Meßkondensator mit einer Meßelektrode (3), die zu einer Gegenelektrode (8) beabstandet angeordnet ist, und wobei zwischen den genannten Elektroden (3, 8) zum Messen dielektrisches Meßgut angeordnet oder laufend hindurchgeführt wird, und der Meßelektrode (3) ein zeitlich veränderlicher Meßstrom (IC) zugeführt wird und die kapazitätsabhängige Kondensatorspannung (UC) gemessen und ausgewertet wird, wobei seitlich eines zwischen den genannten Elektroden (3, 8) gegebenen Meßraumes, der ggf. ein Meßgutströmungskanal (1) ist, mindestens eine Seitenwandung (18) den Meßraum begrenzend angeordnet ist und die Meßelektrode (3) von mehreren von ihr gestaffelt-beabstandeten und zumindest teilweise die Seitenwandung (18) bedeckenden Schutzring- und/oder Hilfelektroden (13, 6N, 6NA) umgeben ist, die jeweils über eine Potentialregelschaltung (17) laufend so dem Potential der Meßelektrode (3) nachgeführt sind, daß dabei Leckströme zu diesen Elektroden (13, 6N, 6NA) weitgehend ausgeglichen sind, wobei die Seitenwandung (18) im Bereich des Meßraumes mit weiteren Hilfelektroden (61-6N; 61A-6NA) annähernd vollständig, streifenförmig parallel zur Meßelektrode (3) geteilt oder zweidimensional rasterförmig geteilt, belegt ist und jede der Hilfelektroden mit ihrer Potentialregelschaltung (17) so beschaltet ist, daß ein Stromfluß in die Hilfelektroden (61-6N; 61A-6NA) minimiert wird.



DE 44 42 711 A 1

Die Erfindung betrifft eine kapazitive Meßvorrichtung mit einem Meßkondensator mit einer Meßelektrode, die zu einer Gegenelektrode beabstandet angeordnet ist, und wobei zwischen den genannten Elektroden zum Messen dielektrisches Meßgut angeordnet oder laufend hindurchgeführt wird, und der Meßelektrode ein zeitlich veränderlicher Meßstrom zugeführt wird und die kapazitätsabhängige Kondensatorspannung gemessen und ausgewertet wird, wobei seitlich eines zwischen den genannten Elektroden gegebenen Meßraumes, der ggf. ein Meßgutströmungskanal ist, mindestens eine Seitenwandung den Meßraum begrenzend angeordnet ist und die Meßelektrode von mehreren von ihr gestaffelt beabstandeten und zumindest teilweise die Seitenwandung bedeckenden Schutzring- und/oder Hilfelektroden umgeben ist, die jeweils über eine Potentialregelschaltung laufend so dem Potential der Meßelektrode nachgeführt sind, daß dabei Leckströme zu diesen Elektroden weitgehend ausgeglichen sind.

Die Verwendung des kapazitiven Meßprinzips, insbesondere zur berührungslosen Bestimmung von Dicken, Schichtdicken, Abständen, Füllständen, hat in der meßtechnischen Praxis eine hohe Bedeutung und große Verbreitung gefunden.

Sein großer Vorteil besteht vor allem darin, daß den Sensoren keine grundsätzlichen Einschränkungen in bezug auf ihre Umgebungstemperaturen gemacht werden müssen, so lange man für den Sensoraufbau nur geeignete temperaturfeste Materialien verwendet. Vorteilhaft für die Nutzung des kapazitiven Prinzips ist es, wenn sich der Aufbau des elektrischen Feldes im eigentlichen Meßvolumen des Sensors physikalisch eindeutig beschreiben läßt, d. h., daß ein in Form von Kennlinien beschreibbarer Zusammenhang zwischen der Sensorkapazität und den geometrischen Abmessungen des Meßvolumens sowie der dielektrischen Eigenschaften der Materialien besteht, die sich im Meßvolumen befinden.

Die Grundform aller solcher kapazitiver Sensoren läßt sich im allgemeinen auf einen Plattenkondensator zurückführen. Ist ein homogenes Dielektrikum — z. B. Luft — zwischen der Meßelektrode und der Gegenelektrode vorhanden, ergibt sich bei Vernachlässigung der Streufeldkapazität, also für einen idealisierten Plattenkondensator, der einfache Zusammenhang, daß seine Kapazität dem Produkt aus der absoluten und der relativen Dielektrizitätskonstanten und der Elektrodenfläche dividiert durch den Elektrodenabstand entspricht.

Randseitig der Elektroden ist der Feldverlauf tatsächlich jedoch inhomogen, was eine Streukapazität zur Folge hat, die sich sogar bei einem Rechteckplattenkondensator in sehr nichtlinearem und schwierig zu berechnendem Zusammenhang additiv der Meßkapazität des homogenen Feldbereiches überlagert. Dieses Streufeld ist in sehr starkem Maße in seiner Form auch davon abhängig, ob in der Umgebung des Meßkondensators noch weitere elektrisch leitende Objekte vorhanden sind, die je nach ihrer Position und geometrischen Gestalt einen unüberschaubaren, komplizierten Zusatzeinfluß auf die Streukapazität besitzen. Um den aus meßtechnischer Sicht sehr unerwünschten Einfluß dieser Streukapazitäten auf die Meßergebnisse zu eliminieren, ist es bekannt und üblich, die Sensoren mit zusätzlichen Schutzringelektroden auszustatten, die von einem Impedanzwandler mit ihrer Spannung bis auf einen vernachlässigbaren kleinen Betrag genau der an der Meßelektrode, d. h. einer der Feldelektroden anliegenden Meßspannung

nachgeführt wird. Die Schutzringelektrode umschließt die Meßelektrode gewöhnlich längs ihres äußeren Randes und auf ihrer Rückseite vollständig. Ihre Spannung gegen das Potential der Gegenelektrode wird von einem als Spannungsfolger geschalteten Verstärker, der eine sehr hohe Leerlaufverstärkung besitzt, praktisch auf dem Potential der Meßelektrode gehalten. Schaltungsbedingt ist die für die weitere Signalverarbeitung zur Verfügung stehende Meßspannung exakt gleich der Spannung der Schutzringelektrode, und die Fehlerspannung hin zur Meßelektrode ist extrem klein im Vergleich zur am Meßkondensator abfallenden Spannung.

Zwischen der Meßelektrode und der Schutzringelektrode bildet sich daher keinerlei elektrisches Feld aus. Lediglich zwischen der Schutzringelektrode und der Gegenelektrode bildet sich noch ein Streufeld aus, dessen Größe und Verlauf jetzt aber keinen Einfluß mehr auf die Größe der sich unter der Wirkung eines Ladestromes ausbildenden Meßspannung an der Meßelektrode hat. Diese Meßspannung ist daher ausschließlich nur noch eine Funktion eines in die Meßkapazität hineinfließenden Ladestromes und errechnet sich bekanntlich aus dem Zeitintegral des Ladestromes dividiert durch die Meßkapazität.

Das zuvor beschriebene Schutzringprinzip bereitet beträchtliche Probleme, wenn sich das Meßvolumen aufgrund der Aufgabenstellungen in der Praxis über einen vergleichsweise großen Meßquerschnitt erstreckt. Derartige Fälle treten beispielsweise dann auf, wenn ein Massestrom (Masse/Zeiteinheit) eines Meßgutes zu bestimmen ist, das aus mehr oder weniger kleinen Einzelpartikeln zusammengesetzt ist (z. B. Getreide, gehäckseltes Grünfutter, Stäube) und pneumatisch oder durch Schwerkraft oder Masseträgheit getrieben längs eines Transportkanals gefördert wird. Dieser Förderkanal befindet sich normalerweise auf Nassepotential und ist aus metallischem Material gefertigt, so daß die Begrenzungen des Förderquerschnittes an jedem Ort des Transportweges Äquipotentialflächen darstellen. Setzt man die bekannte Schutzringanordnung mehr oder weniger unverändert in einen solchen Transportschacht ein, der die äußere Begrenzung des Transportquerschnittes bildet und wegen seiner Erdung auch gleichzeitig die Gegenelektrode darstellt, so liegt ein weitgehend inhomogenes elektrisches Feld für die Ausbildung der Meßkapazität vor, für die keineswegs mehr die einfache Beziehung des idealisierten Plattenkondensators Gültigkeit besitzt. Insbesondere ist der Kapazitätsänderungsbeitrag, den ein Partikel des Förderstroms zur Meßkapazität beiträgt, aufgrund dieser Inhomogenität des Meßfeldes in starkem Maße davon abhängig, an welcher Stelle des Förderquerschnittes es im Meßvolumen hindurchgeführt wird. In der Nähe der Meßelektrode wird es sich wegen der starken Feldkonzentration als ein großer Kapazitätsänderungseinfluß bemerkbar machen. Dagegen liefert es bei großen Abständen von der Meßelektrode wegen der geringen Felddichte nur einen sehr geringen Beitrag. Da bei einer hochwertigen Massestrombestimmung aber jedes durch den Meßquerschnitt hindurchtretende Massepartikel unabhängig vom Durchtrittsort den gleichen Meßbeitrag liefern sollte, um eine einwandfreie Mittelwertbildung über alle Kapazitätsänderungsbeiträge zu ermöglichen, werden die bekannten Anordnungen nur in recht ungenauem Maße den zu stellenden Anforderungen gerecht. Die bekannte Anordnung ist trotz der Inhomogenität des Meßfeldes nur insoweit brauchbar, wie es gelingt, den Förderstrom durch geeignete bekannte Maßnahmen (z. B. durch

Fliehkräfte oder Leitbleche) auf eine vergleichsweise zur Meßstreckenausdehnung dünne und homogene Schicht zu konzentrieren, so daß der gesamte Massenstrom in unmittelbarer Nähe der Meßelektrode in dichter Packung als Schicht vorbeigeführt wird.

Völlig unübersichtlich und im höchsten Maße kompliziert werden die Zusammenhänge aber dann, wenn die Massestrompartikel nicht, wie bisher angenommen, als Einzelpartikel ohne jeden körperlichen Kontakt mit Nachbarpartikeln, durch den Meßquerschnitt gefördert werden, sondern sich zu größeren und teilweise großen zusammenhängenden Einheiten zusammenklumpen und somit auch in einen engen, elektrisch leitfähigen Kontakt miteinander kommen. Hier sind in der näheren Umgebung dieser klumpenförmigen Gebilde sehr starke Feldlinienverzerrungen zu erwarten, die umso stärker ins Gewicht fallen, je höher die elektrische Leitfähigkeit der Einzelpartikel ist. Insbesondere bei sehr feuchten organischen Materialien, z. B. gehäckseltem Grünfutter, bewirkt eine solche ohmsche Leitfähigkeit, daß die Einzelpartikel nicht nur als ein Dielektrikum mit einer reellen Dielektrizitätskonstante aufzufassen sind, sondern daß die Einzelpartikel in einem elektrischen Wechselfeld auch noch ohmsche Verluste hervorrufen. Damit sind solche Partikel in ihren Materialeigenschaften durch eine komplexe Dielektrizitätskonstante zu beschreiben.

Als Folge davon bildet sich bei der Speisung des Meßkondensators mit einem geeignet geformten Wechselstrom zwischen der Meß- und Gegenelektrode nicht nur ein reiner kapazitiver Blindstrom aus, sondern auch ein reeller, ohmscher Verluststrom. Es ist unmittelbar einleuchtend, daß das Verhältnis und die Größe von diesem Blind- und Wirkstrom in äußerst komplizierter Weise von den Größen der reellen und der komplexen Dielektrizitätskonstanten, des weiteren aber auch noch von der Geometrie, den Klumpungseigenschaft und den Positionen der durch den Meßquerschnitt hindurchtretenden zusammengebackten Materialklumpen abhängig ist.

Insbesondere ist es gewöhnlich unvermeidbar, daß sich der Materialstrom mit einzelnen Partikeln an den seitlichen Wandflächen des Gehäuses sowie an den verlängerten Schutzringelektroden entlang bewegt und mit diesen in engen elektrisch leitenden Kontakt tritt. Dadurch werden in starkem Maße Anteile des Ladestromes der Meßstrecke aus dem Förderstrom senkrecht in die Gehäuse- und Schutzringelektrodenflächen je nach örtlicher Potentialverteilung im Strömungsquerschnitt senkrecht zur Meßrichtung abgeführt, oder es werden auch von diesen Wandungen zusätzliche Stromanteile in das Meßvolumen eingeleitet.

Aus der DE 42 27 922 A1 ist eine Vorrichtung zur Messung eines Massestromes bekannt, der am Ausgang eines Elevators an einer Förderschachtwandung, insbesondere einer Erntemaschine, umgelenkt wird, so daß er ein geschwindigkeitshomogenes, geschichtetes Dielektrikum in einem dort angeordneten Durchsatz-Meßkondensator bildet. Der erste Kondensatorbelag des Durchsatz-Meßkondensators ist massestromseitig, der zweite Kondensatorbelag beabstandet zum Massestrom angeordnet. Dabei ist der erste Kondensatorbelag mit einer Schutzelektrode eingefaßt, die durch einen Impedanzwandler mit dem eingefaßten Kondensatorbelag auf gleichem Potential gehalten ist. Der zweite Kondensatorbelag ist durch eine dem ersten Kondensatorbelag gegenüberliegende Förderschachtwand und seitliche Förderschachtwandbereiche gebildet. Der

Massestrom wird so durch den Durchsatz-Meßkondensator geleitet, daß er ein geschichtetes Dielektrikum mit einer annähernd homogenen Geschwindigkeitsverteilung bildet und durch einen zweiten Meßkondensator geführt, der stets ganz gefüllt ist. Die beiden Kapazitäten dieser Kondensatoren werden mit der gleichen Meßvorrichtung ermittelt, um ein Kapazitätenverhältnis zu bilden. Die laufende Absolutwertmessung eines Körnerstromes in Erntemaschinen bringt erhebliche Vorteile bei der Nutzung des Meßwertes zur Regelung und Überwachung des Betriebes der Maschine, insbesondere der Vorschubgeschwindigkeit, der Siebantriebe und der Schnitthöhe. Sie erlaubt darüber hinaus die Erstellung eines Erntekatasters, das eine Grundlage für eine sich über Jahre erstreckende systematische, den jeweiligen Boden- und Ertragswerten angepaßte Bodenbearbeitung und Düngung ist. In dieser Vorrichtung ist für den ersten Kondensatorbelag des Durchsatz-Meßkondensators zusätzlich zur Schutzelektrode eine weitere Elektrode vorgesehen, die über einen Umschalter entweder mit der Schutzelektrode oder mit dem zweiten Kondensatorbelag elektrisch verbindbar ist. Dadurch kann die Feldverteilung jeweils durch Umschaltung der zweiten Schutzelektrode dem Füllungsgrad des Kondensators angepaßt werden und die elektrische Feldliniendichte zwischen den Feldelektroden fallweise annähernd homogenisiert werden.

Weiterhin ist in der DE 43 18 447 eine eingangs bezeichnete kapazitive Meßvorrichtung mit zwei parallelen Feldelektroden mit zwei Schutzelektrodenbelägen, die die erste Feldelektrode entfernungsmäßig gestaffelt umgeben, beschrieben, von denen die erste über einen Impedanzwandler mit dem Potential der ersten Feldelektrode gespeist wird und die zweite mit einem Zwischenpotential, das zwischen dem der ersten und der zweiten Feldelektrode liegt, über einen weiteren Impedanzwandler gespeist wird. Hierbei ist das Zwischenpotential über eine Kompensationsschaltung so gesteuert, daß eventuell durch einen Feuchtigkeitsbelag von den Kompensationselektroden zur zweiten Feldelektrode auftretende Leckströme abfließen und ein Leckstrom den Meßstrom an der ersten Feldelektrode nicht störend beeinflussen, so daß nicht isolierte Elektroden verwendet werden können, die verschleißfest sind. Die geforderte Homogenität des kapazitiven Meßfeldes ist jedoch nur in einem Teilbereich gegeben, so daß eine Homogenisierung und Schichtung des Meßgutes vorgenommen werden muß.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, die eingangs bezeichnete Vorrichtung so zu verbessern, daß möglichst vollständig eine homogene Feldverteilung zwischen den Feldelektroden unabhängig von der Materialverteilung im Meßraum und von den Blind- und Wirkkomponenten des Materials und von unsystematischen Wandstromflüssen stets ausgebildet ist.

Die Lösung besteht darin, daß die Seitenwand im Bereich des Meßraumes mit weiteren Hilfselektroden annähernd vollständig, streifenförmig parallel zur Meßelektrode geteilt oder zweidimensional rasterförmig geteilt, belegt ist und jede der Hilfselektroden mit ihrer Potentialregelschaltung so beschaltet ist, daß ein Stromfluß in die Hilfselektroden minimiert wird.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben. Bevorzugte Lösungen sind in den Fig. 1 bis 3 dargestellt.

Fig. 1 zeigt einen Querschnitt einer Meßanordnung erster Art,

Fig. 2 zeigt einen Querschnitt einer Meßanordnung

zweiter Art,

Fig. 3 zeigt einen Querschnitt einer Meßanordnung dritter Art.

In Fig. 1 ist ein Querschnitt eines Massestromkanals dargestellt. Die Seitenwandungen (18) des Strömungskanals sind über ihre gesamte Ausdehnung in Meßrichtung mit streifenförmigen Hilfselektroden (61—6N) belegt, die aus einem abriebfesten, metallischen Leiter, z. B. Edelstahlblech, bestehen und bevorzugt mit einem elektrisch isolierenden Kleber (2) auf die Seitenwandungen (18) aufgebracht sind. Diese streifenförmigen Elektroden (61—6N) sind durch dünne Isolationsstrecken, bevorzugt aus dem Klebermaterial (2) bestehend, gegeneinander elektrisch isoliert und sie verlaufen parallel zur Achse des Strömungskanals und erstrecken sich über eine Länge, die bevorzugt etwas größer als die Ausdehnung der Meßelektrode (3) mit der Schutzringelektrode (13) in Richtung der Zentralachse des Strömungskanals (1) ist.

Jede dieser Hilfselektroden (61—6N) ist an eine elektronische Potentialregelschaltung (17) angeschlossen, deren Aufgabe es ist, das Potential der zugehörigen Hilfselektrode so einzustellen, daß diese per saldo keinen Strom aus dem Meßvolumen aufnimmt oder an dieses abgibt. Wählt man die Breite dieser Hilfselektrode (61—6N) sehr klein, d. h. vergrößert man bei vorgegebenen Abmessungen des Strömungskanals die Anzahl (N) der Hilfselektroden, so wird durch diese Maßnahme erreicht, daß unabhängig von der Form und Ausbildung des elektrischen Feldes im Meßvolumen als Folge unregelmäßig über den Meßquerschnitt verteilt angeordneter Materialpartikel (7) oder Zusammenklumpungen (41—45) derselben keinerlei Querströme senkrecht zur Fließrichtung des Materialstroms und senkrecht zur direkten Verbindung zwischen der Meß- und der Gegenelektrode (3, 8) an den Seitenwandungen (18) und den Hilfselektroden (61—6N) ausgetauscht werden. Die direkte Folge ist somit, daß trotz aller denkbaren Feldverzerrungen per saldo nur Stromanteile zwischen der Meß- und der Gegenelektrode (3, 8) fließen können, so daß sich auch bei sehr ungleichmäßiger Partikel- oder Klumpungsverteilung des durchlaufenden Materials ein quasi homogenes elektrisches Feld ergibt.

Erfindungsgemäß kann eine weitere Verbesserung dieser Seitenwand-Potentialsteuerung noch dadurch erreicht werden, daß jede der zunächst als durchgehend streifenförmig angenommenen Hilfselektroden (61—6N) auch in der Strömungsrichtung noch in M Einzelelektroden unterteilt wird. Jede dieser M Einzelhelfselektroden wird dann erfindungsgemäß mit einer gleichartigen elektronischen Potentialregelschaltung (17) ausgestattet werden. Durch diese Maßnahme wird erreicht, daß auch bei Feldverteilungen, die infolge inhomogener Materialverteilung im Meßvolumen in der Materialströmungsrichtung variabel ist, die angestrebte Feldhomogenisierung auch in jenen Randbereichen in der Richtung zwischen der Meß- und der Gegenelektrode optimiert wird. Insgesamt kommt man hier auf der elektronischen Seite zu einer matrixförmigen Anordnung von lauter gleichartig aufgebauten Einzel-Potentialregelschaltungen, mit der Gesamtzahl $n = N \cdot M$, die sich bei einer Nutzung der heute gegebenen mikroelektronischen Herstellungsverfahren und Möglichkeiten problemlos auf sehr kleinem Raum und mit niedrigem Gestehungspreis als integrierte Schaltung ausführen läßt.

Der Aufbau der erfindungsgemäßen Potential-Regelschaltungen (17) erfolgt vorteilhaft nach dem in Fig. 1 wiedergegebenen Schaltungsschema. Die Operations-

verstärker (15) haben eine sehr hohe Spannungs-Leerlaufverstärkung, die vorteilhaft größer als eine Million ist. Der Gegenkoppelwiderstand (R) ist jeweils ein nicht notwendigerweise aussteuerungsunabhängiger ohmscher Widerstand, der die Gegenkopplung der Regelschaltung bewirkt. Die Hilfselektroden (61—6N) sind als Wandeletroden angeordnet; ihr Potential wird so von den Potential-Regelschaltungen (17) gesteuert, daß die Ströme (Ia) in bzw. aus diesen Elektroden möglichst klein werden. Auf der rechten Seite der Hilfselektrode (6N) ist beispielhaft für alle Hilfselektroden eine Nachbildung des Meßgutes (7, 41—45), eines verlustbehafteten Dielektrikums wiedergegeben, wobei dessen Verlust-Widerstände (R1, R2) sich individuell am Ort der Hilfselektrode (6N) unter dem Einfluß der momentanen ohmschen Verluste des Meßgutes ergibt. Die Teilkapazitäten (C1, C2) sind von eben diesem Meßgut unter diesen Bedingungen vorgegeben. Diese vier Impedanzen werden alle von der Kondensatorspannung (UC) versorgt. Damit wird das Potential (R1, C1; R2, C2) der Hilfselektroden (6N) jeweils so eindeutig durch den verlustbehafteten Spannungsteiler aus diesen vier Impedanzen bestimmt, solange nur der in der Hilfselektrode (6N) fließende Strom (Ia) verschwindend klein gehalten wird. Auch bei verhältnismäßig großem Wandeletrodenpotential, bei sehr großen Leerlaufverstärkungen und einem großen Gegenkopplungswiderstand (R) (z. B. mindestens 1M Ohm) läßt sich jeweils der Strom (Ia) in die Hilfselektrode so klein halten, daß er keinerlei Einfluß mehr auf die vom Massestrom (Meßgut) im Meßvolumen vorgegebene Potentialverteilung hat. Auch beim Vorliegen nichtstationärer Verhältnisse, d. h. wenn die Kondensatorspannung (UC) eine sinusförmige oder sägezahnförmige Wechselspannung ist, arbeitet die Potential-Regelschaltung einwandfrei, lediglich ist der Wandstrom (Ia) nicht mehr in Phase mit der Kondensatorspannung (UC).

Ein weiterer Vorteil der Schaltung besteht darin, daß die von dem Operationsverstärker (15) aufzubringende Steuerleistung selbst noch bei einer Potentialanhebung von beispielsweise 10 Volt bei einem Verstärkungsfaktor von einer Million und einem Gegenkoppelwiderstand von 1 MOhm lediglich Werte von 0,1 Mikrowatt annehmen. Das bedeutet, daß es selbst bei der bevorzugten Verwendung von Hilfselektrodenmatrizen der Leistungsbedarf trotz einer größeren Zahl von Hilfselektroden im Bereich von einigen Milliwatt bleibt und so eine hohe Integrationsdichte für eine mikroelektronische Schaltungsausführung erreichbar ist.

In Fig. 2 ist an einem Querschnitt durch einen Strömungskanal gezeigt, in dem sich in zufälliger örtlicher Anordnung mehrere klumpenförmige Zusammenballungen (41—45) von Fördergut durch das Meßvolumen hindurchbewegen, wie sich die erfindungsgemäßen Maßnahmen auf die Feldverteilung auswirken. Die Wandeletroden (61—6N) mit ihren Anschlüssen (9) werden dabei durch die hier nicht im einzelnen wiedergegebenen, zuvor aber beschriebenen elektronischen Potentialregelschaltungen (17) automatisch alle auf ein solches Potential gebracht, daß über diese Hilfselektroden keine seitlichen kapazitiven oder ohmschen Ströme (Ia) abgeleitet werden. Da durch diese Maßnahme auch in der unmittelbaren Umgebung der Meßelektrode (3) keine Verschiebungsströme seitlich abgeleitet werden können (das Potential der Hilfselektroden (61—6N) wird durch ihre zugehörigen Steuerelektroniken praktisch auf das Potential der Meßelektrode (3) nachgeführt, übernehmen diese Hilfselektroden praktisch die

Funktion der bisherigen Schutzringelektrode (13), die in Fig. 1 noch getrennt gezeigt ist. Das hat den Vorteil, daß die Meßelektrode (3) jetzt über die volle Breite des Transportkanalquerschnittes hinüber geführt ist, und somit der volle Meßquerschnitt bis in seinen letzten Winkel von der Materialstrommessung erfaßt wird.

In Fig. 2 ist bei der qualitativen Konstruktion des Feldlinienverlaufs im Meßquerschnitt angenommen, daß die verklumpten Materialteile (41–45) alle eine relative Dielektrizitätskonstante aufweisen, die groß gegenüber 1 ist, so daß in ihrem Inneren eine sehr viel kleinere Feldliniendichte herrscht als im umgebenden Luftraum. Man erkennt, daß es zu erheblichen Feldverzerrungen gegenüber einer streng homogenen Feldverteilung kommt, wenn man diese Störungen durch verklumptes Material in das Meßvolumen bringt. Aber da durch die beschriebene Wandpotentialsteuerung keinerlei Verschiebungsströme in die beiden mit den Hilfselektroden (61–6N) belegten Seitenwände (18) ein- oder austreten, also nichts verlorengeht oder hinzukommt, gelangt der gesamte, von der Meßelektrode (3) ausgehende Verschiebungsstrom in voller Höhe auf der gegenüberliegenden Gegenelektrode (8) an, die aus Vereinfachungsgründen direkt aus dem geerdeten Gehäusewandmaterial des Förderkanals besteht. Es ist aus dieser qualitativen Darstellung auch ohne weiteres direkt sinnfällig, daß jedem Volumenelement des gesamten Meßvolumens auf diese Weise eine näherungsweise gleichgewichtige Bewertung in seiner Rückwirkung auf den insgesamt durch das Meßvolumen hindurchtretenden Verschiebungsstromfluß (IC) gesichert ist. Ganz analoge Verhältnisse ergeben sich auch dann, wenn man die Materialverklumpungen nicht nur als ideales Dielektrikum, sondern mit einer gewissen inneren ohmschen Leitfähigkeit ansetzt, die dazu führt, daß im Inneren dieser Materialverklumpungen (41–45) neben den in Fig. 2 gezeigten Verschiebungsströmen noch ohmsche Verlustströme fließen. Diese sorgen dafür, daß die resultierenden Feldlinien dort gegenüber den rein kapazitiven Verschiebungsströmen im Luftraum mehr oder weniger große Phasenverschiebungen aufweisen. Diese Verhältnisse lassen sich auch durch den Ansatz einer komplexen Dielektrizitätskonstante für das Material berücksichtigen. In jedem Falle sorgen die erwähnten Verlustströme in den Materialklumpen (41–45) dafür, daß die an der Meßelektrode (3) auftretende Meßspannung (UC) gegenüber dem Meßstrom (IC), nämlich dem Speisewechselstrom, eine von diesen Verlusten funktional abhängende Phasenverschiebung aufweist.

Durch eine auf die Phase vom Meßstrom (IC) bezogene, phasenselektive Signalverarbeitung der Meßspannung (UM), die am Ausgang des Meßimpedanzwandlers (16) auftritt und weitgehend der Kondensatorspannung (UC) entspricht, ist es daher möglich, die Blind- und Wirkanteile dieser Meßspannung (UM) in ihre anteiligen Komponenten zu zerlegen und dadurch einen Rückschluß auf die Materialzusammensetzung, z. B. aus einer Trockenmasse mit reiner dielektrischer Leitung und einem Feuchteanteil mit primär ohmscher Leitung zu gewinnen.

Der Operationsverstärker (16) dient der Impedanzwandlung und ist, wie in Fig. 1 gezeigt, als Spannungsfollower geschaltet. Infolge dessen ist bis auf die sehr kleine, hochgradig zu vernachlässigende Eingangsspannung des Verstärkers (16) die Signalspannung (UM) stets exakt gleich der an der Meßelektrode (3) abfallenden Kondensatorspannung (UC). Um den Einfluß des Verbindungskabels zwischen der Meßelektrode (3) und dem

positiven Eingang des Verstärkers (16) unempfindlich gegenüber kapazitiven Einwirkungen von in der Umgebung angeordneten leitfähigen Gegenständen (Handempfindlichkeit) zu machen, wird in bekannter Weise diese Verbindung mit einem Schirm (20) umgeben, der mit dem negativen Eingang des Verstärkers (16) verbunden ist und dafür sorgt, daß zwischen dem Schirm (20) und der Meßleitung (10) stets nur der schon beschriebene vernachlässigbare Spannungsabfall am Eingang des Verstärkers (16) auftritt. Im Bedarfsfalle kann es auch vorteilhaft sein, die der Meßelektrode (3) benachbarten Hilfselektroden (6N) statt an eine eigene Potentialsteuerungselektronik (17) direkt an den negativen Eingang des Meßverstärkers (16) mit anzuschließen; diese Hilfselektroden (6N) übernehmen dann in gleicher Weise die Funktion der in Fig. 1 noch in der Ebene der Meßelektrode (3) angeordneten Schutzringelektrode (13), ohne dabei noch das von der Meßelektrode (3) erfaßte Meßvolumen einzuschränken.

Die Funktionsfähigkeit der Wandpotentialsteuerung durch fein unterteilte Hilfselektroden (61–6N) funktioniert aber nur dann einwandfrei, wenn zwischen zwei benachbarten Hilfselektroden jeweils eine einwandfreie elektrische Isolation besteht. Ist dies nicht der Fall, so wird zwischen den beiden benachbarten Elektroden ein Ausgleichsstrom fließen, der der Potentialdifferenz zwischen den beiden Hilfselektroden proportional, dem dazwischenliegenden Isolationswiderstand aber umgekehrt proportional ist. Bei dem Auftreten derartiger Isolationsdefektströme wird aber die angegebene Potential-Regelschaltung (17) außerstande gesetzt, ihre Funktionsordnungsgemäß zu erfüllen.

Derartige Isolationsdefekte lassen sich im praktischen Betrieb an vielen Stellen und Einsatzorten jedoch nicht mit Sicherheit verhindern. Einmal ist es möglich, daß sich Feuchtigkeit in Form eines Filmes auf den gesamten Wandungen des Förderkanals niederschlägt und somit auch auf den Seitenwandungen (18) mit den Hilfselektroden (61–6N). Derartige Feuchtigkeitsniederschläge weisen in der Regel einen weit vom neutralen abweichenden PA-Wert auf und sind somit in mehr oder weniger starkem Maße elektrolytisch leitfähig. Unter Umständen noch wesentlich stärkere Isolationsdefekte könnten entstehen, wenn sich aus dem Fördergut kleine Teilmengen abspalten und sich auf den Wandungen niederschlagen und dort festbacken. Die Wirkung auch dieser Art von Bedeckungsschichten über den Hilfselektroden wäre mit dem feuchter Niederschläge direkt vergleichbar, da im allgemeinen davon auszugehen ist, daß die geförderten Materialien ebenfalls eine elektrische Leitfähigkeit besitzen.

Um derartige Störungen und Anfälligkeiten zu beseitigen, wird gemäß Fig. 3 erfindungsgemäß jede Hilfselektrode (61, 62) mit einer von ihr isolierten Schutz-elektrode (11A, 11B) ringförmig eingeschlossen. Jede dieser Schutz-elektroden (11A, 11B) wird mittels eines als Schutzpotentialfolger (12A, 12B) geschalteten Operationsverstärkers ständig praktisch verzögerungsfrei dem Potential nachgeführt, auf das die eingeschlossene Hilfselektrode (61, 62) von ihrer zugehörigen Potential-Regelschaltung (17) gesteuert wird. Wegen der extrem kleinen Potentialdifferenz zwischen der eingeschlossenen Hilfselektrode und der sie umgebenden Schutz-elektrode, die in der Größenordnung von $1-2\mu\text{V}$ liegt, kann auch bei einer relativ niederohmigen Überbrückung des Isolationspaltes zwischen der Schutz-elektrode (11A) und der Hilfselektrode (61) durch einen leitfähigen Belag kein Ausgleichsstrom fließen, so daß der Belag nicht

weiter stört.

Wie in Fig. 3 aber erkennbar wird, liegen bei der erfindungsgemäßen Anordnung von Hilfs- und Schutz-
elektroden jeweils zwei auf unterschiedlichem Potential
gehaltene Schutzelektroden (11A) und (11B) lediglich
durch einen schmalen isolierenden Trennsteg (5) von-
einander getrennt nebeneinander. Wird hier durch einen
Feuchte- oder Materialniederschlag eine elektrisch leit-
fähige Brücke erzeugt, so fließt entsprechend der Poten-
tialdifferenz zwischen den benachbarten Schutzelektro-
den (11A) und (11B) und der Größe des störenden ohm-
schen Leitwertes der überbrückenden Belagstrecke ein
Ausgleichsstrom. Dieser Ausgleichsstrom muß anteilig
von den zugehörigen Schutzpotentialfolgern (12A, 12B)
aufgebracht werden; er hat praktisch keinen Einfluß auf
die Feldverteilung bzw. den geometrischen Verlauf der
Feldlinien der Verschiebungsströme im Meßvolumen.

Mit Hilfe dieser erfindungsgemäßen Maßnahmen ist
es daher also auch unter allen solchen beschriebenen
widrigen Bedingungen möglich, die angestrebte Feldho-
mogenisierung im Meßvolumen zu erreichen, selbst
dann, wenn aufgrund sehr ungünstiger Arbeitsbedin-
gungen sich Feuchte- oder Materialniederschläge auf
den potentialgesteuerten Seitenwandflächen (18) bilden.

Somit erfolgt erfindungsgemäß die Steuerung des
Verlaufs des elektrostatischen und des elektrischen
Strömungsfeldes im Meßvolumen eines scheinbar weit-
gehend ebenen Plattenkondensators, bestehend aus einer
isoliert installierten Meßelektrode (3) und einer die-
ser diametral gegenüberliegenden, etwa gleichgroßen
Gegenelektrode (8), die geerdet und Teil eines das Meß-
volumen insgesamt umschließenden metallischen Ge-
häuses sein kann, in der Weise, daß alle von der Meß-
elektrode (3) ausgehenden Verschiebungsströme und
Leitungsströme unabhängig von Feldverzerrungen
durch sich im Meßvolumen aufhaltendes Material (7, 14)
vollständig und ausschließlich in die Gegenelektrode (8)
eintriften und nicht teilweise in die Seitenwandungen
(18) des umgebenden Gehäuses abfließen oder von dort
zusätzlich den Komponenten zufließen, in dem die Sei-
tenwandungen (18) mit einer Vielzahl N quer zu der
Feldrichtung geteilten Hilfselektroden (61–6N;
61A–6NA) belegt sind, die untereinander und gegen
die Seitenwand (18) elektrisch isoliert sind und jeweils
mit einer Potential-Regelschaltung so beschaltet sind,
daß ein Stromfluß in die Hilfselektroden minimiert wird.

In einer bevorzugten Ausführung sind jede der Hilfs-
elektroden (61–6N) in Richtung der Achse des das
Meßvolumen umgebenden Gehäuses bandförmig mit
einer Länge ausgebildet, die mindestens gleich groß
oder geringfügig größer ist als die Länge, die die Meß-
elektrode (3) zusammen mit einer diese ggf. umgeben-
den Schutzringelektrode (13) in dieser Richtung auf-
weist.

In einer weiteren Ausführung sind diese bandförmigen
Hilfselektroden jede noch einmal in insgesamt M
Teilhilfselektroden unterteilt, die voneinander elek-
trisch isoliert sind. Auf diese Weise gibt es auf jeder
Wandfläche (18) eine matrixförmige Anordnung von
insgesamt $N \cdot M$ Teilhilfselektroden. Jede dieser Teilhilfselektroden hat eine eigene Elektrodenzuführung.
An jede Elektrodenzuführung ist eine elektronische Re-
gelschaltung (17) angeschlossen, die das Potential der
zugehörigen Hilfselektrode genau auf das Potential ein-
regelt, die das Feld im Meßvolumen bei gleicher Materi-
albeschickung einnehmen würde, wenn die Seitenwände
(18) aus einem ideal-nichtleitenden, aber sich auch nicht
statisch aufladenden Material bestünden. Dieser Ideal-

zustand ist dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Meß-
volumen keinerlei Verschiebungsstromkomponenten in
die Seitenwandungen (18) ein- oder austreten. Genau
dieser Zustand wird aber erfindungsgemäß durch die an
die Hilfselektroden jeweils angeschlossenen elektroni-
schen Potentialregelschaltungen erzeugt, die so ausge-
legt sind, daß zwischen der jeweils angeschlossenen
Hilfselektrode und dem Meßvolumen keinerlei Strom-
transport stattfindet.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführung wird der
unter ungünstigen Einsatzbedingungen durch Ablage-
rungen von Material- oder Feuchtigkeitsschichten, die
dielektrisch oder ohmisch leitfähig sind, auf die Seiten-
wandungen mit den Hilfselektroden auftretende Stör-
einfluß verhindert, indem jede einzelne Hilfselektrode
von einer eigenen Schutzelektrode (11A, 11B) umgeben
ist und deren Potential mit Hilfe eines als Potentialfol-
ger (12A, 12B) geschalteten Operationsverstärkers ver-
zögerungsfrei dem Potential der zugehörigen Hilfselek-
trode nachgeführt wird. Diese Potentialfolger (12A,
12B) bringen die ohmschen oder dielektrischen Aus-
gleichsströme auf, die aufgrund der Potentialdifferenz
zwischen zwei benachbarten Schutzelektroden (11A,
11B) fließen.

Erfindungsgemäß werden die Potential-Regelschal-
tungen (17) zusammen mit den Potentialfolgern (12A,
12B) für die Schutzelektroden (11A, 11B) für alle Hilfs-
elektroden (61–6N) in einem gemeinsamen mikroelek-
tronischen Herstellungsprozeß auf einem Substrat er-
zeugt und als ein Mikroelektronikchip ausgebildet.

Die ansonsten aufwendige, mechanische Fertigung
der Hilfselektroden (61–6N) und ggf. auch der zugehö-
rigen Schutzelektroden (11A, 11B) wird vorteilhaft in
einem fotolithografischen Ätzverfahren durchgeführt,
bei dem als Ausgangsmaterial ein hochabriebfestes Iso-
lationsmaterial als Trägermaterial benutzt wird, z. B.
Glasfaserpolyester, das mit einer hinreichend dicken
Metallfolie aus ebenfalls hochabriebfestem Metall, z. B.
Edelstahl, beschichtet ist. Um nach dem Ausätzen der
Hilfs- und Schutzelektroden eine optimal glatte, dem
Meßvolumen zugewandte Oberfläche zu erhalten, wird
vorzugsweise bei noch nicht vollständig ausgehärtetem
Trägermaterial abschließend unter Wärmeeinwirkung
die gesamte Elektrodenanordnung unter Druck in das
Trägermaterial gepreßt, soweit, bis die Lücken zwi-
schen den Elektroden vollständig mit dem isolierenden
Trägermaterial ausgefüllt sind und bündige Isolations-
stege (5) bilden.

Vorteilhaft werden durch den Einsatz einer – bezo-
gen auf die Phase (P) des Meßstromes (IC) phasenselek-
tiv die Meßspannung (UC) verarbeitende Signalauswer-
teschaltung (A) Fig. 1 – zwischen dem kapazitiven Ver-
schiebungsstrom (IV) und dem ohmschen Verluststrom
(IO) durch das Meßvolumen über zweidimensionale
Kennlinienfelder die Größe der kapazitiven und der
ohmschen Anteile des Meßstromes durch das Meßvolu-
men getrennt ermittelt. Über eine Korrelation (K) wird
daraus der Trockenanteil (Q) und der Wassergehalt (F)
des Mediums im Meßvolumen ermittelt, oder es werden
Verhältnisse anderer Mischungskomponenten einer
Zweistoffmischung mit unterschiedlichen elektrischen
Komponenteneigenschaften und der Gesamtstoffgehalt
so bestimmt.

Der entscheidende Vorteil zu den bekannten Vorrich-
tungen ist die völlige Unabhängigkeit des Meßergebnis-
ses von der Materialanordnung im Meßraum. Die durch
die Elimination der Feuchteinflüsse auf die Wandzone
neu ermöglichte Zweiphasenauswertung erübrigt dar-

über hinaus die Verwendung eines Vergleichsmeßkondensators zur getrennten Feuchtigkeitsgehaltsbestimmung, der bei herkömmlichen Vorrichtungen stets vorhanden war.

Patentansprüche

1. Kapazitive Meßvorrichtung mit einem Meßkondensator mit einer Meßelektrode (3), die zu einer Gegenelektrode (8) beabstandet angeordnet ist, und wobei zwischen den genannten Elektroden (3, 8) zum Messen dielektrisches Meßgut angeordnet oder laufend hindurchgeführt wird, und der Meßelektrode (3) ein zeitlich veränderlicher Meßstrom (IC) zugeführt wird und die kapazitätsabhängige Kondensatorspannung (UC) gemessen und ausgewertet wird, wobei seitlich eines zwischen den genannten Elektroden (3, 8) gegebenen Meßraumes, der ggf. ein Meßgutströmungskanal (1) ist, mindestens eine Seitenwandung (18) den Meßraum begrenzend angeordnet ist und die Meßelektrode (3) von mehreren von ihr gestaffelt-beabstandeten und zumindest teilweise die Seitenwandung (18) bedeckenden Schutzringund/oder Hilfelektroden (13, 6N, 6NA) umgeben ist, die jeweils über eine Potentialregelschaltung (17) laufend so dem Potential der Meßelektrode (3) nachgeführt sind, daß dabei Leckströme zu diesen Elektroden (13, 6N, 6NA) weitgehend ausgeglichen sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Seitenwand (18) im Bereich des Meßraumes mit weiteren Hilfelektroden (61—6N; 61A—6NA) annähernd vollständig, steifenförmig parallel zur Meßelektrode (3) geteilt oder zweidimensional rasterförmig geteilt, belegt ist und jede der Hilfelektroden mit ihrer Potentialregelschaltung (17) so beschaltet ist, daß ein Stromfluß in die Hilfelektroden (61—6N; 61A—6NA) minimiert wird.
2. Kapazitive Meßvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Potentialregelschaltungen (17) aus einem Potentialregelverstärker (15) besteht, dessen Ausgang über einen hochohmigen Gegenkoppelwiderstand (R) an die Hilfelektrode (6N) angeschlossen ist und dessen beide Eingänge jeweils an den einen bzw. anderen der Anschlüsse des Gegenkoppelwiderstandes (R) geführt sind.
3. Kapazitive Meßvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Potentialregelverstärker (15) mindestens einen Verstärkungsgrad von einer Million hat und der Gegenkoppelwiderstand (R) mindestens 1 MOhm aufweist.
4. Kapazitive Meßvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Hilfelektroden (61—6N; 61A—6NA) von einer eigenen schmalen Schutzlektrode (11A, 11B) umgeben ist, die über einen Schutzpotentialfolger (12A, 12B) mit dem Potential der zugehörigen Hilfelektrode (61—6N; 61A—6NA) relativ niederohmig gespeist wird.
5. Kapazitive Meßvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Schutzpotentialfolger (12A, 12B) ein gegengekoppelter Impedanzwandler hohen Verstärkungsgrade ist, dessen Eingang mit der zugehörigen Hilfelektrode (61—6N; 61A—6NA) verbunden ist.
6. Kapazitive Meßvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß mehrere der Potentialregelschaltungen (17) und ggf. der jeweils zugehörigen Schutzpotentialfolger (12A, 12B) in einer monolithischen Schaltung integriert sind.

7. Kapazitive Meßvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß aus der monolithischen Schaltung nur die, Ausgänge der Potentialregelschaltungen (17) und ggf. der Schutzpotentialfolger (12A, 12B) herausgeführt sind.
8. Kapazitive Meßvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Schutzringeletrode (13) die Meßelektrode (3) umgebend in einer Ebene mit dieser angeordnet ist.
9. Kapazitive Meßvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ggf. die Schutzringeletrode (13) und die Hilfelektroden (61—6N; 61A—6NA) und ggf. die Schutzlektroden (12A, 12B) in einem abriebfesten hochisolierenden Kunststoff oder Kleber (2) zum Meßraum unter Ausbildung von Isolationsstegen (5) bündig abschließend eingelagert sind und von den Hilfelektroden (61—6NA) und ggf. den Schutzlektroden (12A, 12B) Anschlüsse (9) durch eine mit der Gegenelektrode (8) verbundene Abschirmung hindurchgeführt und weiter an die Potentialregelschaltungen (17) und bzw. ggf. die Schutzpotentialfolger (12A, 12B) geführt sind.
10. Kapazitive Meßvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfelektroden (61—6N; 61A—6NA) und ggf. die Schutzlektroden (12A, 12B) aus Edelstahlblech bestehen.
11. Kapazitive Meßvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Kunststoff oder Kleber (2) und die Isolationsstege (5) aus Glasfaserpolyester bestehen.
12. Kapazitive Meßvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kondensatorspannung (UC) in einer Auswerteeinrichtung (A) bezüglich des zeitlich veränderlichen Meßstromes (IC) phasenmäßig ausgewertet wird und so die Größen des Verschiebestromes (IV) und des ohmschen Verluststromes (IO) bestimmt werden, diese so gewonnenen Größen (IV, IO) in einem Korrelator (K) bekannten Materialeigenschaften (F) und der Materialmengen (Q) zugeordnet werden.
13. Kapazitive Meßvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die im Korrelator (K) bestimmte Materialeigenschaft (F) der Feuchtigkeitsgehalt des Materials, insbesondere von Erntegut, ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

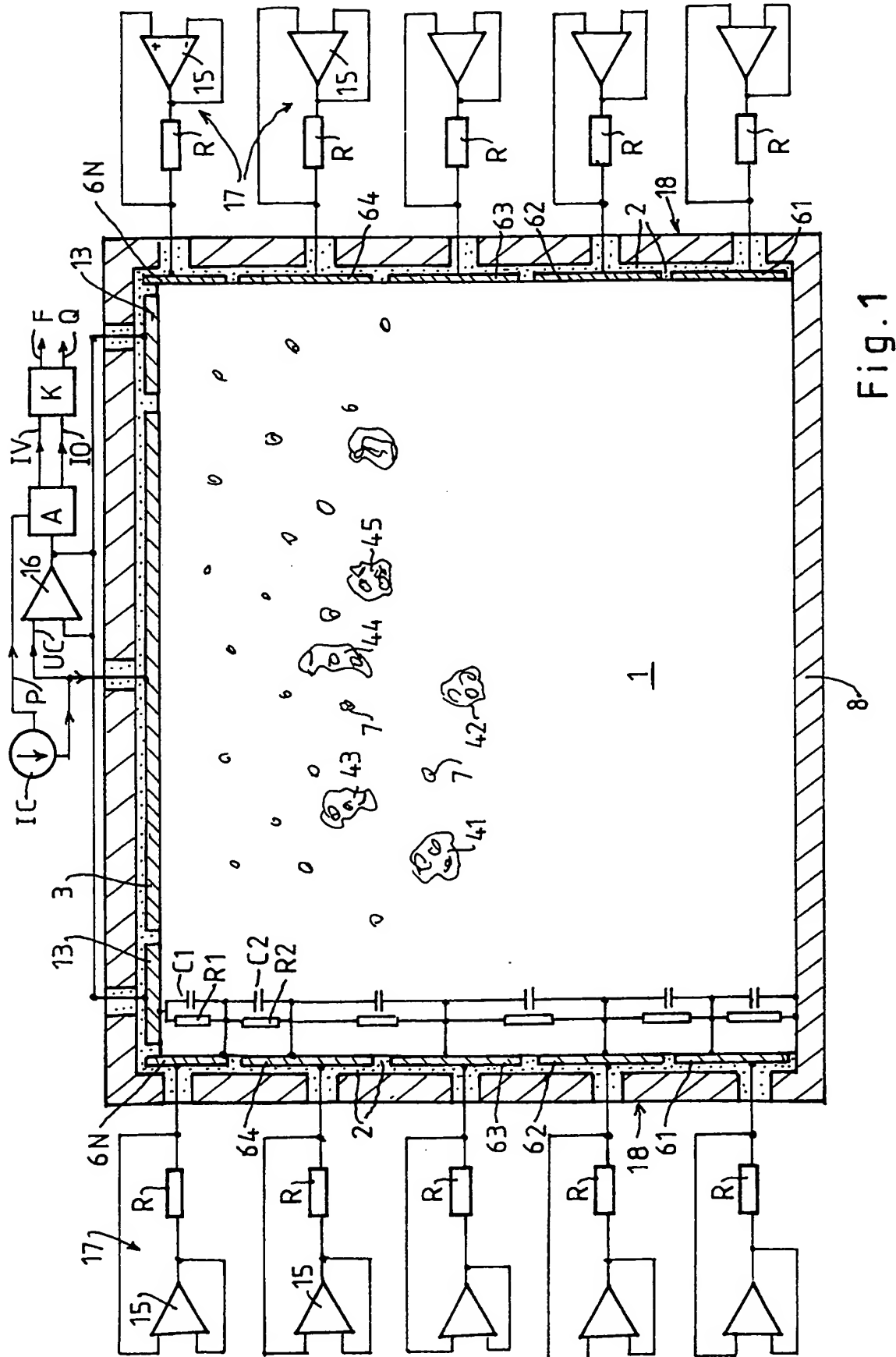


Fig. 1

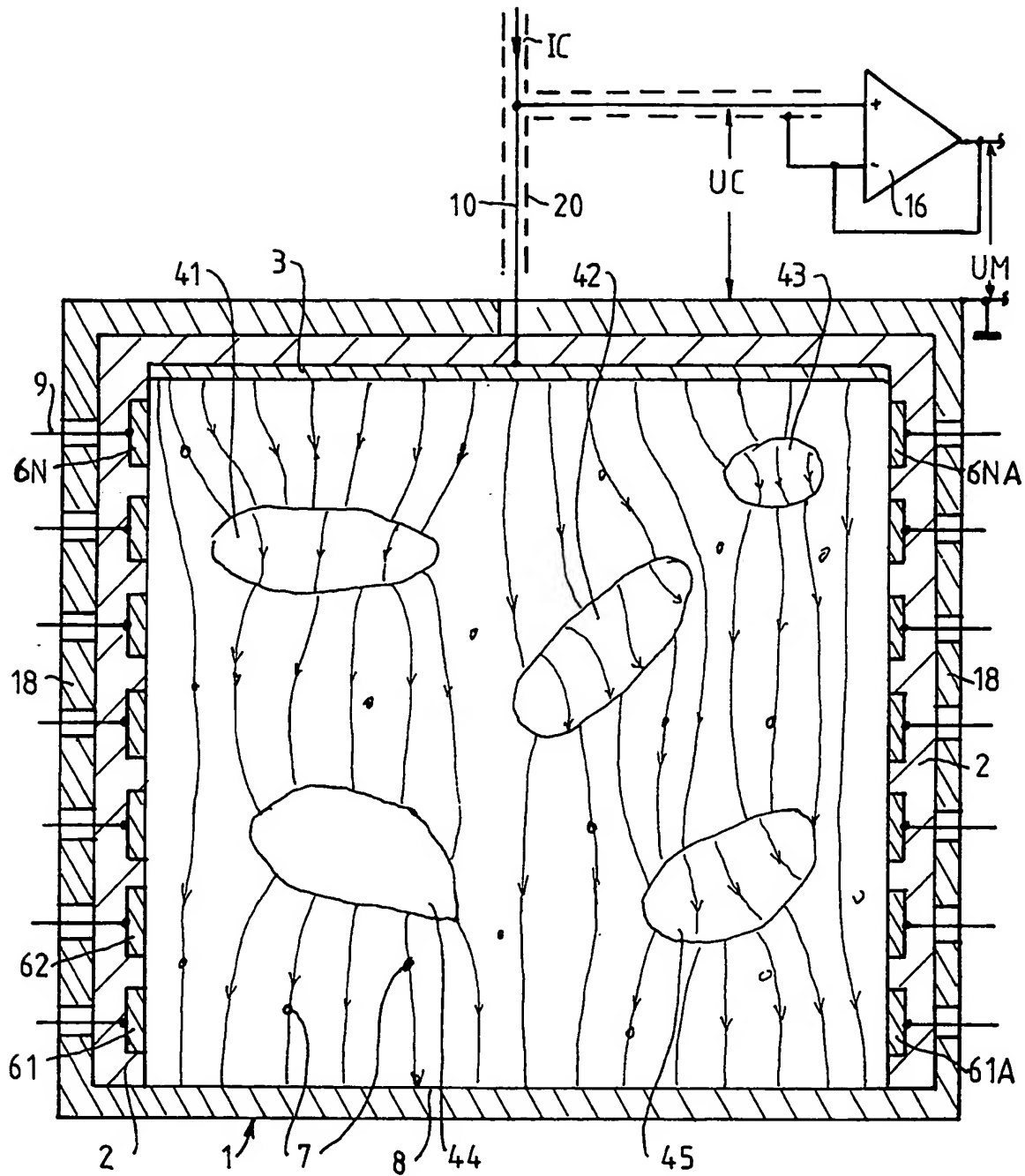


Fig. 2

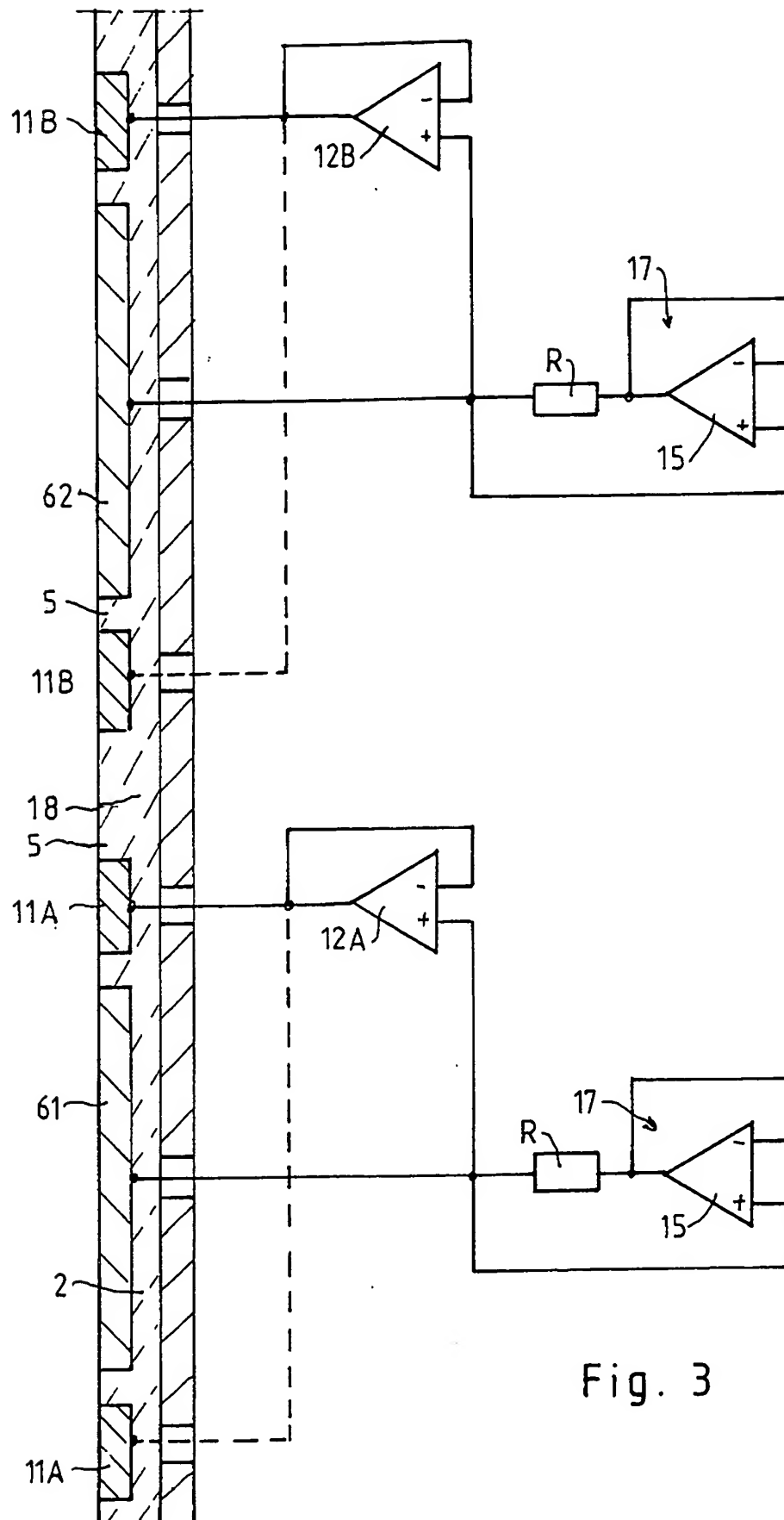


Fig. 3